

## Trabajo Fin de Máster

Aplicación de extractos vegetales para prolongar la vida útil de Ternasco de Aragón en refrigeración.

Autor/es

Paula Navarro Castro

Director/es

José Antonio Beltrán Gracia  
Verónica Alonso Martín

Facultad de Veterinaria  
2015



---

# **Aplicación de extractos vegetales para prolongar la vida útil de Ternasco de Aragón en refrigeración**

---

Máster de Iniciación a la Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos



Ciencia y Tecnología de la Carne y el Pescado  
Dpto. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos  
Facultad de Veterinaria  
Universidad de Zaragoza

2015

**Paula Navarro Castro**

Directores: Verónica Alonso Martín, José Antonio Beltrán Gracia

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a José Antonio haberme dado la oportunidad de trabajar en este proyecto y con ello haber conocido a gente de la que he aprendido muchísimo y con la que he pasado momentos geniales.

Me gustaría también agradecer a mi familia la paciencia y el interés que han mostrado durante todos los años de universidad, que aunque todo les sonara a chino han hecho un esfuerzo enorme por hacerme creer que se enteraban de algo. Por traerme mi comida favorita a la universidad los domingos que me ha tocado trabajar en el laboratorio y por la de veces que se han leído la introducción de este trabajo.

Gracias Vero por estar siempre disponible para mis continuas dudas y por guiarme y darme ánimo durante todo este curso. Mil gracias Marc por ser mi compañero de batallas, por ser siempre una referencia para mí y no decir nunca que no cuando he necesitado tu ayuda.

Y por último pero no menos importante, quiero agradecer a mi chicos (Juan, Selene, Teo, Isa, Marta y Cristina) los buenos ratos que me han hecho pasar tanto dentro como fuera del laboratorio.

Ha sido un placer trabajar con vosotros.

# ÍNDICE

<b>Abstract</b> .....	1
<b>Resumen</b> .....	2
<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Objetivos</b> .....	9
<b>3. Material y métodos</b> .....	10
3.1 Diseño experimental.....	10
3.2 Material y muestreo.....	11
3.3 Análisis físico-químicos.....	12
3.4 Análisis microbiológicos.....	14
3.5 Análisis sensorial.....	15
3.6 Análisis estadístico.....	16
<b>4. Resultados</b> .....	17
4.1 Análisis físico-químicos.....	17
4.2 Análisis microbiológicos.....	23
4.3 Análisis sensorial.....	27
<b>5. Conclusiones</b> .....	32
<b>6. Referencias bibliográficas</b> .....	33

## ABSTRACT

Chilling and modified atmosphere packaging (MAP) of meat has been widely described as a preservation method to guarantee freshness and to extend the shelf life of lamb meat. Moreover, meat spraying with natural antioxidants could have a significant effect by reducing lipid oxidation and avoiding the loss of the characteristic red colour from fresh meat. The aim of the present study was to evaluate the effect of tea extract and borago extract spraying on keeping the organoleptic properties of lamb chops along the storage time, packed in MAP (40% O<sub>2</sub> / 30% CO<sub>2</sub> / 30% Ar) and stored at 4°C.

Chops were divided in eight groups and submitted to different treatments: sprayed with tea extract 0.005%, 0.05%, 0.5% and 5%, sprayed with borago extract 0.5%, 5% y 10% and without spraying. All samples were MAP-packed and stored during 13 days at 4±1°C (14 hours of light per day). Physical and chemical (colour, pH and lipid oxidation), microbiological (psychrotrophic viable count, *Pseudomonas spp.* viable count, *Enterobacteriaceae* count and lactic acid bacteria viable count) and sensory analysis were performed. Regarding meat colour during the storage time, samples sprayed with 0.5% tea extract showed higher *a*\* values (redness) and kept *L*\* values (lightness) stable better than the other treatments, being the most effective treatment in the conservation of fresh meat colour. There were not big differences among treatments in pH values throughout storage period. However, there were significant differences in lipid oxidation, resulting 5% tea and 10% borago completely effective in its inhibition, while 0.005% tea extract had a clear prooxidante effect. Microbiological analysis showed that none of the treatments had antimicrobial activity. Regarding sensory analysis results, the only treatment proved as acceptable after 8 days of storage by the panelists was the 0.5% tea extract, all the other treatments were discarded by strong rancid or strange odour/flavour. According to these results, it could be concluded that 0.5% tea extract treatment was effective in maintaining organoleptic properties of lamb chops packed in MAP for longer time.

## RESUMEN

La refrigeración y el envasado en atmósfera protectora (EAP) están ampliamente descritos como métodos de conservación para mantener la frescura y prolongar la vida útil de la carne. La adición de antioxidantes naturales podría tener un efecto significativo en la reducción de la oxidación lipídica y la pérdida del color característico de la carne fresca durante el almacenamiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la pulverización con extracto de té o borraja a diferentes concentraciones sobre las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas de chuletas Ternasco de Aragón envasadas en atmósfera protectora (40% O<sub>2</sub>/30% CO<sub>2</sub>/30% Ar) mantenidas en refrigeración (4°C±1°C) durante 13 días.

Las chuletas se dividieron en ocho grupos asignándoles distintos tratamientos: pulverizado con extracto de té al 0,005%, 0,05%, 0,5% y 5%, pulverizado con extracto de borraja al 0,5%, 5% y 10% y sin pulverizar. Todas las muestras fueron envasadas en bandejas con atmósfera protectora y almacenadas con 14 horas de luz al día durante 13 días a 4°C±1. Se realizaron análisis físico-químicos (pH, color y oxidación lipídica), microbiológicos (recuentos de psicrótrofos aerobios totales, *Pseudomonas spp.*, enterobacterias y bacterias acidolácticas) y sensoriales. Respecto al color, las muestras tratadas con extracto de té al 0,5% obtuvieron valores elevados en el índice de rojo ( $a^*$ ) y mantuvieron los valores de luminosidad ( $L^*$ ), resultando el tratamiento más efectivo en la conservación del color de la carne fresca. Respecto al pH, no se observaron grandes diferencias entre tratamientos a lo largo del tiempo. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a oxidación lipídica, resultando los tratamientos con té al 5% y borraja al 10% totalmente efectivos en su inhibición, mientras que el tratamiento con 0,005% té tuvo un claro efecto prooxidante. Los análisis microbiológicos apuntan a que ninguno de los tratamientos posee actividad antimicrobiana. En cuanto al análisis sensorial, el único tratamiento que resultó aceptable para el panel tras 8 días de almacenamiento fue el té al 0,5%, quedando los demás descartados por intensidad de olor/flavor rancio o extraño. De acuerdo con los resultados, se puede concluir que el tratamiento con extracto de té al 0,5% mantuvo con mayor efectividad las características organolépticas y la vida útil de la carne de cordero por más tiempo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector ovino ha sufrido importantes modificaciones a lo largo de las últimas décadas. A nivel Europeo, los últimos datos de 2013 sitúan a la cabaña ovina española en segundo lugar, con un 20% del total, superado únicamente por Reino Unido con el 27%. España se sitúa también en segundo lugar, por detrás del Reino Unido en cuanto a producción de carne de ovino, representando el 37,5% de la producción final conjunta.

En el territorio español, el censo total de ovino muestra un declive progresivo a partir del año 2000, que se contuvo a lo largo de 2010 y disminuyó de nuevo durante el 2011 y 2012. Por Comunidades Autónomas, los mayores censos ovinos se concentran en Castilla-León, Extremadura, Castilla-La Mancha, Andalucía y Aragón, representando en conjunto el 81,7 % del total.

Desde 2002 la producción de carne de cordero en España se ha reducido aproximadamente un 50%. Además, el sector ovino-caprino ha disminuido su participación en la producción final ganadera que se reduce, del 5,5% en 2012 hasta el 4,9% en 2013. Sin embargo, en lo que se refiere a la evolución de los intercambios en el año 2013, el balance final de exportaciones/importaciones es positivo al sector, tanto en términos de cantidades como en valor económico. Los principales destinatarios de las exportaciones españolas de carne de ovino y caprino son los Estados miembros de la Unión Europea con el 97% del total exportado, frente al 3% que se dirige a terceros países (MAGRAMA, 2013).

En un mercado en decadencia, la diferenciación del producto a través del diseño, la calidad, la innovación o la consideración de elementos de seguridad y medio ambiente se ha convertido en una necesidad estratégica para la supervivencia a largo plazo. Es por ello que las denominaciones geográficas han ocupado un lugar preferencial en el sector agroalimentario, constituyendo una alternativa muy interesante para el desarrollo rural de determinadas regiones o comarcas (Caldentey y Gómez, 1996). En los últimos años, el gobierno español ha apostado por las figuras de calidad diferenciada, reconociendo su papel clave en las políticas de desarrollo y sostenibilidad de los territorios rurales, además de su importancia como elemento estratégico clave para la promoción de la imagen de España en el exterior, especialmente en lo que a calidad de la producción nacional se refiere. El registro o pertenencia a una Indicación Geográfica Protegida (IGP) supone el

vínculo del producto con el territorio en, al menos, una de las fases de producción, transformación o elaboración. Además constituye el sistema utilizado para el reconocimiento de una calidad diferenciada consecuencia de características propias y diferenciales, debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas. La primera carne fresca aceptada en España como Denominación Específica fue el Ternasco de Aragón (TA), amparada por la Diputación General de Aragón, que en 1996 fue reconocida en el ámbito Europeo como Indicación Geográfica Protegida. En el sector ovino español, ya son 6 IGP: Ternasco de Aragón, Lechazo de Castilla- León, Cordero Manchego, Cordero de Navarra, Cordero Segureño y Cordero de Extremadura.

El Ternasco de Aragón con Indicación Geográfica Protegida, es un producto de cordero joven, sacrificado a una edad media de 75 días, con un peso promedio de canal de 10 kilos, de color rosado que se caracteriza por su exquisito sabor y terniza procedentes de razas autóctonas de la región como son la Rasa Aragonesa, la Royal Bilbilitana y la Ojinegra.

Sobre la producción y crianza de los corderos TA en la Comunidad Autónoma de Aragón, se contaron en 2012 un total de 929 explotaciones de producción inscritas, 10 de cebo, 4 mataderos y 1 sala de despiece. El total de la producción de carne protegida ascendió a 2.278,3 toneladas; distribuyéndose la comercialización entre el mercado nacional con 2.272,7 toneladas y en el territorio de la UE donde se exportaron 5,6 toneladas, con un valor económico de la I.G.P. que alcanzó los 16,24 millones de euros (MAGRAMA, 2014).

El cumplimiento con la normativa referente a la IGP Ternasco de Aragón conlleva un aumento del precio de venta, lo que podría suponer un inconveniente para la compra. Por ello, es muy importante que el consumidor perciba el valor añadido del producto, ya que si éste aprecia una mayor calidad, se produce un aumento de la disposición a pagar un mayor precio (Wheatle y Chiu, 1977; Aaker, 1991; Hutton, 1997; Selnes, 1998 y Yoo et al., 2000). En cualquier caso, el concepto de calidad es muy ambiguo desde el punto de vista del consumidor. En la mayor parte de ocasiones, los consumidores evalúan el producto teniendo en cuenta la presencia o no de determinados atributos (Leuthesser, 1995; Keller, 1998). En el caso de productos cárnicos, la primera compra se genera valorando la calidad del producto final basándose, casi exclusivamente, en sus



características externas (Sánchez *et al.*, 2001) y fundamentalmente, en el precio. Posteriormente, la experiencia de satisfacción o insatisfacción influirá en las compras siguientes. En este caso, se hace indispensable el uso de un sello de distinción del producto, haciéndolo reconocible y diferenciable para el comprador.

Según un estudio realizado en 2008, en el caso de los compradores de TA, las principales motivaciones para su elección fueron, en términos generales: 1) mejores controles de calidad; 2) mejor sabor; 3) mayor control de la alimentación del animal; y 4) indicación del origen geográfico del producto (Ulloa *et al.*, 2008). En este caso, los compradores asociaban control de la calidad con seguridad alimentaria, y sabor con calidad organoléptica.

La seguridad alimentaria está condicionada principalmente por el desarrollo de microflora bacteriana en el producto. La carne de cordero supone un excelente sustrato para el crecimiento de bacterias responsables del deterioro, como *Pseudomonas spp.*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, Enterobacteriaceae, *Brochothrix thermosphacta*, *Aeromonas* (Bell, 2001), patógenos como *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli* O157:H7, levaduras, *Candida*, *Torulopsis* y mohos, *Rhizopus*, *Sporotrichum*, *Fusarium*, *Monilia* and *Aspergillus* (Jay *et al.*, 2005). El desarrollo de estos microorganismos, además de suponer un factor limitante para la seguridad alimentaria, es el responsable de olores y sabores desagradables en la carne, suponiendo un factor limitante de la calidad organoléptica del producto, que también se ve afectada por la oxidación lipídica. Así pues, el desarrollo de microorganismos y la oxidación lipídica son los principales determinantes de la vida útil de la carne fresca. La vida útil de un producto se entiende como el periodo de tiempo desde el envasado hasta su uso, en el que las propiedades permanecen aceptables para el consumidor, siendo éstas: apariencia, textura, flavor, color y valor nutritivo (Singh y Singh, 2005).

El color es uno de los parámetros que contribuye más significativamente a la percepción de la calidad, valor y frescura de la carne por parte del comprador. Éste depende mayoritariamente del estado en el que se encuentra su principal pigmento, la mioglobina (Mb), una hemo proteína sarcoplásmica, responsable del transporte y almacenamiento del oxígeno dentro del tejido muscular. La mioglobina está formada por una sola cadena polipeptídica, unida a un grupo hemo situado en una oquedad de la molécula. Su estructura primaria depende de la especie (Livingston y Brown, 1981), y a pesar de las

diferencias en la secuencia de aminoácidos, la mayoría de las propiedades estructurales y funcionales de la mioglobina se mantienen constantes. La estructura primaria de la proteína dicta la estructura terciaria de la misma, que a su vez, influye en las interacciones con ligandos y biomoléculas. Algunos estudios demuestran que la estructura primaria de la Mb influencia la estabilidad del color de la carne por mecanismos como la autooxidación (Stewart *et al.*, 2004; Tada *et al.*, 1998), la hemo retención (Grunwald y Richards, 2006), la estabilidad estructural (Regis *et al.*, 2005), la termoestabilidad (Ueki *et al.*, 2005; Ueki y Ochiai, 2006) y la afinidad por el oxígeno (Enoki *et al.*, 1995; Marcinek *et al.*, 2001). Estas diferencias en la estructura podrían explicar las diferencias en los atributos del color de la carne entre las diferentes especies de animales (Brown y Dolev, 1963).

En la carne fresca, el hierro se encuentra en la mioglobina en forma de ión ferroso. El cambio de color de la carne puede ser atribuido a la oxidación u oxigenación del pigmento mioglobina. En el interior de la carne, la mioglobina se encuentra sin oxigenar (deoximioglobina), siendo de un color rojo púrpura que tras el fileteado, se torna rojo brillante debido a la oxigenación del pigmento (oximioglobina) dando a la carne el color característico de la carne fresca. El fenómeno de cambio de color por contacto con el aire tras el fileteado, se extiende hasta unos pocos milímetros por debajo de la superficie de la carne (Krzywicki, 1979). Por otro lado, la oxidación de la mioglobina (metamioglobina), que se produce con cierta rapidez especialmente si la superficie de contacto es grande, otorga a la carne un color marrón poco atractivo, característico de la carne almacenada demasiado tiempo. En la carne de cordero fresca, el color rojo brillante tiende hacia sus valores más bajos a los 3 días de almacenamiento en refrigeración sin envasado, habiendo comenzado la oxidación de la oximioglobina que produce un cambio de color de la superficie de la carne de rojo a marrón (Jacob *et al.*, 2013).

Además del notable cambio de color de la carne producido por la oxidación de la mioglobina, las reacciones bioquímicas responsables de este fenómeno están relacionadas con la oxidación lipídica y viceversa (Faustman *et al.*, 2010; Greene, 1969; Greene *et al.*, 1971). En ambas reacciones, la concentración de oxígeno tiene un papel clave. El grado de oxidación lipídica en carne es proporcional a la concentración de oxígeno presente y es esperable que sea mínima a concentraciones bajas de O<sub>2</sub>. Sin embargo, la estabilidad de la oximioglobina se ve favorecida en atmósferas ricas en oxígeno, donde la oxidación lipídica se daría rápidamente (Faustman *et al.*, 2010). Por tanto, carne envasada en una

atmósfera modificada rica en oxígeno y almacenada en refrigeración, mantiene el color rojo brillante de la carne fresca por más tiempo que la envasada con aire (Penney y Bell, 1993) y previene el crecimiento de bacterias anaerobias (Ogrydziak y Brown, 1982), pero la oxidación lipídica aumenta y supone la principal causa de pérdida de calidad de la carne durante el almacenamiento. Una manera de retardar la oxidación podría ser la adición de antioxidantes a la carne.

Durante mucho tiempo se han utilizado antioxidantes sintéticos en gran variedad de alimentos, pero su uso se ha visto disminuido debido a su posible carcinogenicidad (Chen *et al.*, 1992) y el rechazo general que existe por parte del consumidor. Esta situación condujo al estudio de las propiedades antioxidantes de compuestos naturales, siendo en su mayoría plantas y especias que han sido usadas durante siglos para la conservación de alimentos (Shahidi *et al.*, 1992).

Frente a estos problemas y teniendo en cuenta que el oxígeno favorece las reacciones de oxidación, resulta lógico pensar que un envase en el que se limite la concentración de oxígeno de la atmósfera y contenga algún tipo de antioxidante pueda ser una buena opción para conseguir alargar la vida útil de la carne fresca en condiciones de supermercado. Es por ello que en los últimos años ha aumentado de manera exponencial el uso de envases con atmósfera modificada (EAM), que consiste en la eliminación o reemplazo de la atmósfera que rodea al producto antes del sellado con materiales impermeables (McMillin *et al.*, 1999). En el caso particular de la carne de cordero, las atmósferas más utilizadas contienen elevadas concentraciones de oxígeno para preservar la estabilidad del color y bajas concentraciones de dióxido de carbono (Jeremiah, 2001), que ralentizan el crecimiento de bacterias aerobias responsables del deterioro, aumentando así la vida útil de la carne (Jeremiah, 2001; Jayas y Jeyamkondan, 2002). Algunas atmósferas comerciales incluyen en su formulación algún gas inerte ( $N_2$  o Ar) que no reaccionan con la carne pero mantienen la integridad del envase evitando el colapso (abombamiento).

Cuando el envase desarrolla otra función deseada, además de suponer una barrera inerte hacia condiciones externas, y consigue el mantenimiento de la calidad y la seguridad alimentaria, pasa de ser un envase pasivo a activo (Rooney, 1995). Las funciones y tecnologías utilizadas en los envases activos incluyen la utilización de compuestos antioxidantes y antimicrobianos en la superficie del alimento o extruidos en el film de envasado, para que durante el almacenamiento se produzca la liberación de los agentes

volátiles bioactivos (Cooksey, 2001). Este método resulta menos eficaz que la aplicación directa del compuesto en la superficie del producto, ya que el compuesto fijado en el film tiene que dispersarse a través del espacio de cabeza del envase y migrar hasta la superficie del producto.

Varios estudios han demostrado la eficacia de numerosos extractos vegetales, como potenciales antioxidantes en diferentes alimentos, obteniendo en algunos casos mejores resultados que los antioxidantes sintéticos (Sebranek *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2002; Tang *et al.*, 2001; Vuorela *et al.*, 2005; Calvo *et al.*, 2008; Haak *et al.*, 2008; Hernández-Hernández *et al.*, 2009; Valencia *et al.*, 2008). Multitud de antioxidantes naturales han sido extraídos de diferentes tipos de materiales vegetales como semillas oleaginosas, vegetales, hojas, raíces, especias, cereales. De todos los antioxidantes naturales, los compuestos fenólicos son los más abundantes en las plantas (Tabata *et al.*, 2008).

Uno de los antioxidantes naturales más estudiado es el té, derivado de la planta *Camillia sinensis*, es además, una de las bebidas más consumidas en el mundo. El ácido gálico, los flavonoides y catequinas son los compuestos principales que confieren propiedades antioxidantes al extracto de té verde. Este extracto cuando se incorpora en concentraciones adecuadas en los alimentos, se consigue alargar su vida útil sin cambiar las propiedades sensoriales (Martin-Diana *et al.*, 2008, Wanasundara y Shahidi, 1998). Por otro lado, un extracto natural menos estudiado pero con gran poder antioxidante es el extracto de borraja, (*Borago officinalis* L.) teniendo en su composición compuestos fenólicos que le confieren un alto poder antioxidante (Martínez *et al.*, 2006; Wettasinghe y Shahidi, 1999; Wettasinghe *et al.*, 2001). Los compuestos fenólicos más importantes presentes en el extracto de borraja son el ácido rosmarínico, ácido siríngico y el ácido sinápico (Wettasinghe *et al.*, 2001).

Dado el demostrado poder antioxidante del extracto de té y del extracto de borraja, y los problemas de oxidación característicos de la carne de cordero envasada en atmósfera protectora; parece razonable plantear el uso de estos extractos como antioxidantes en el envasado en atmósfera modificada del ternasco de Aragón en refrigeración para intentar alargar la vida útil.

## 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto que tiene sobre los análisis físico-químicos (pH, color y oxidación lipídica), microbiológicos y sensoriales, la pulverización con dos antioxidantes naturales (extracto de té y extracto de borraja) a diferentes concentraciones (0,005%, 0,05%, 0,5%, 5% y 0,5%, 5% y 10%, respectivamente) sobre chuletas de Ternasco de Aragón envasadas en atmósfera protectora con el fin de reducir la oxidación lipídica y mejorar la conservación del color rojo característico de la carne fresca y poder alargar así la vida útil del producto.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este proyecto se consideraron como factores fijos: el envasado en atmósfera protectora 40/30/30 (40% O<sub>2</sub>, 30% CO<sub>2</sub>, 30% Ar), la conservación en vitrinas expositoras de refrigeración a 4°C con iluminación artificial durante 14 horas al día y el corte comercial (pierna). Los factores a estudio fueron la pulverización de la carne con extracto de té o extracto de borraja a diferentes concentraciones y el tiempo de almacenamiento, respondiendo al siguiente diseño:

Corte comercial	Tratamiento	Temperatura	Tiempo de almacenamiento	Tamaño muestra	Envasado	Análisis realizados
Chuletas pierna	Control	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Té 0.005%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Té 0.05%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Té 0.5%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Té 5%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Borraja 0.5%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Borraja 5%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial
Chuletas pierna	Borraja 10%	4°C	0, 5, 8, 11 y 13 días	n=4	40/30/30	Físico-químico Microbiológico Sensorial

### 3.2. MATERIAL Y MUESTREO

Para obtener las muestras, se escogieron al azar canales provenientes de las partidas de corderos sacrificados y calificados dentro de la IGP Ternasco de Aragón en un mismo día de sacrificio. Las canales tenían un peso entre 10-12,5 kg, se refrigeraron en las instalaciones de Mercazaragoza durante 24 horas (4°C) antes de proceder a su despiece. Como muestra se tomaron las dos piernas de cada canal, que fueron fileteadas por la empresa Franco y Navarro S.A. y transportadas en bandejas a la Planta Piloto de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza. Cada chuleta, fue colocada en una bandeja codificada y asignada a un lote, en función del tipo y la concentración del extracto a pulverizar. De esta manera, cada chuleta constituye una muestra. Bajo el término “tratamiento” se engloban las muestras rociadas con el mismo extracto y concentración. Cada tratamiento está constituido por 4 animales diferentes ( $n=4$ ) y de cada animal se analizan 5 chuletas por pierna, correspondiendo con los días de almacenamiento 0, 5, 8, 11 y 13 a los que se realizaron los análisis. Por tanto, cada tratamiento estará constituido por 20 unidades muestrales. Todos los análisis se realizaron en la misma unidad muestral (una chuleta de pierna de Ternasco de Aragón).

Estudios previos realizados en este mismo grupo de investigación determinaron la actividad antioxidante del extracto de té (suministrado por ARTIVAL) y del extracto de borraja (obtenido en el laboratorio). El poder antioxidante se expresó como miligramos de ácido gálico por gramo de extracto, obteniendo una media de 90 mg para la borraja y 806 mg para el extracto de té. En base a su capacidad antioxidante, se utilizaron concentraciones de 0,005%, 0,05%, 0,5% y 5% de extracto de té y 0,5%, 5% y 10% de extracto de borraja. Las diluciones de los extractos se realizaron en condiciones de esterilidad, utilizando agua destilada estéril y extracto esterilizado por filtración con filtros para jeringa (Membrana de acetato de celulosa 0,2  $\mu\text{m}$ , VWR International).

Una vez distribuidas las chuletas y asignadas a un tratamiento, se procedió al rociado con los diferentes extractos mediante pulverización a una distancia de 50cm, siendo la cantidad administrada por muestra de 1ml/100cm<sup>2</sup> de superficie. Para la pulverización se utilizó un pulverizador de tipo doméstico previamente higienizado con isopropanol al 70% (PANREAC). Tras el rociado, se procedió al envasado de las mismas en atmósfera 40 O<sub>2</sub>/ 30 CO<sub>2</sub>/ 30 Ar utilizando una envasadora Ulma Smart-400, Ulme Packaging. Una vez envasadas se procedió al almacenamiento de las mismas en refrigeración (4°C) en la

vitrina expositora de la Planta Piloto de la Facultad de Veterinaria con iluminación artificial durante 14 horas al día. A los 0, 5, 8, 11 y 13 días de almacenamiento se realizaron los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales de las 4 muestras de cada tratamiento, correspondiendo cada una a un animal diferente.

### 3.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 3.3.1. Valores de pH

La medición del pH se realizó mediante un electrodo de punción PH 25 (Crison instruments, Barcelona, España). Las medidas fueron realizadas por triplicado sobre el músculo *Semimembranosus* evitando otros músculos de la pierna debido a su diferente comportamiento. El pHmetro fue calibrado antes de cada sesión y se limpió entre muestra y muestra con agua destilada.



*pH metro con sonda de punción*

#### 3.3.2. Color

El color fue medido en la superficie del filete, sobre el músculo *Semimembranosus* mediante un espectrofotómetro de reflectancia (Minolta CM-2002; Osaka, Japón). Los parámetros medidos fueron:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (luminosidad, índice de rojo e índice amarillo, respectivamente); según CIE (Comisión Internacional d'Eclairage) (CIE, 1976). Se realizaron 10 mediciones en cada filete. El colorímetro se calibró antes de cada sesión, limpiando la lente con etanol y algodón entre muestra y muestra.



### 3.3.3. Oxidación lipídica

La medida de la oxidación lipídica se llevó a cabo por la determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acuerdo con el método descrito por Pfalzgraf *et al.* (1995). Se homogeneizaron 10 g de músculo *Semimembranosus* con 20ml de ácido tricloracético (TCA 10%) en tubos de centrifuga de plástico en un Ultra-Turrax unos 30 segundos a 20.000r.p.m aproximadamente. Los tubos se centrifugaron durante 30min a 4000r.p.m a 10°C en una centrífuga refrigerada (Jouan CR 411, USA). Después de la filtración, se tomaron 2ml del filtrado y se añadieron a un tubo que contenía 2ml de una solución 20mM de ácido tiobarbitúrico (TBA) recién preparada. Los tubos se homogenizaron con rotatubos durante 30 segundos y luego se incubaron a una temperatura de 97°C durante 20 minutos en un baño de agua termostático (Grant W14, Cambridge, UK). A continuación los tubos se enfriaron en agua hasta alcanzar la temperatura ambiente para proceder a su lectura. La lectura de las absorbancias se realizó a 532 nm mediante un espectrofotómetro (Unicam 5625 UV/VIS, Cambridge, UK), previamente calibrado mediante un blanco (2ml de TBA + 2ml de agua destilada).

Los resultados fueron calculados mediante una curva patrón usando 1,1,3,3 trametoxipropano (TMP). Se usó esta sustancia ya que el malonaldehído puede obtenerse por hidrólisis ácida del TMP en una reacción equimolecular. Las medidas fueron expresadas como sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) en mg de malonaldehído/ kg de muestra.



Curva patrón 1,1,3,3 trametoxipropano (TMP)

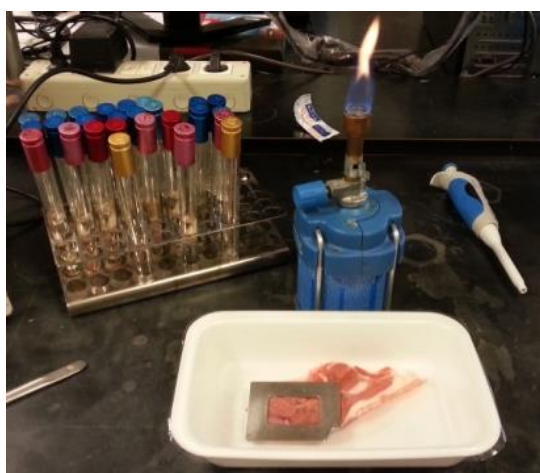
### 3.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

#### 3.4.1. Recuento psicrótrofos viables totales (PVT)

Se utilizó el método de recuento en placa, utilizando agar PCA (Plate-Count-Agar, Merck). Las muestras se recogieron mediante hisopado de una superficie de 10cm<sup>2</sup> delimitada por una ventanilla metálica estéril. Para tal fin, se utilizaron hisopos de algodón (VWR 152,4 mm), realizando un primer hisopado utilizando un hisopo mojado con agua de peptona al 0,1% (Biolife) para posteriormente realizar una segunda pasada con un hisopo seco. Una vez realizado el muestreo, los hisopos se llevaron a un tubo de ensayo con 10ml de agua de peptona estéril al 0,1% (Biolife). Tras agitarse vigorosamente en un vórtex (Heidolph REAX 2000) se realizaron diluciones en agua de peptona estéril al 0,1%. Las diluciones correspondientes se sembraron por duplicado, tomando 1ml de muestra y realizando una siembra en masa en agar PCA.

A continuación, las placas se incubaron durante 7 días a 10°C en estufa de cultivo (Incudigit, modelo 2001248, J.P SELECTA, Barcelona, España) y posteriormente se realizó el recuento de colonias características, expresando el recuento como Unidades Formadoras de Colonias UFC/cm<sup>2</sup> según la fórmula:

$$\text{UFC/cm}^2 = (\text{N}^\circ \text{ de colonias por placa} * \text{Inverso de la dilución})/10$$



*Toma de muestra por hisopado*

#### 3.4.2. Recuento de enterobacterias

La metodología empleada para la preparación de las muestras y el posterior recuento de placas fue idéntica a la descrita para los PVT. No obstante, en este caso la siembra se realizó en agar VRBD (Violet Red Bile Dextrose Agar, Scharlau) en doble capa. Las placas sembradas se incubaron durante 48h en una estufa a 37°C y posteriormente se realizó el recuento de colonias características.

#### 3.4.3. Recuento de microorganismos acidolácticos

La metodología empleada para la preparación de las muestras y el posterior recuento de placas fue idéntica a la descrita para los PVT, pero en este caso la siembra se realizó en agar MRS (MRS agar, De Man, Rogosa and Sharpe, Merck). Las placas sembradas se incubaron en jarras de anaerobiosis (Gaspak® System) durante 72 horas en una estufa de cultivo a 37°C y posteriormente se realizó el recuento de colonias características.

#### 3.4.4. Recuento de *Pseudomonas* spp.

Se empleó agar selectivo CFC (Merk) con suplemento selectivo CFC (Cetrimida, Fucidina y Cefaloridina. Merk), y la metodología descrita para los PVT, pero en este caso la siembra se realizó por agotamiento en superficie de placas con agar gelificado, inoculando 0.1 ml de las respectivas diluciones. Las placas sembradas fueron incubadas a 20°C durante 48-72 horas para realizar el recuento de colonias características.

### 3.5. ANÁLISIS SENSORIAL

Las muestras utilizadas para el análisis sensorial fueron envasadas a vacío y sometidas a congelación (-20°C) en cada uno de los puntos programados. Posteriormente fueron descongeladas en refrigeración (4°C) y oscuridad durante 15 horas. El cocinado se realizó sin aditivos en un grill industrial de doble placa (Samic GRD10) a 200°C con las muestras envueltas en papel de aluminio, considerando el fin del cocinado una temperatura interna de la chuleta de 70°C. Una vez cocinadas se aisló el músculo *Semimembranosus* y se troceó en porciones equivalentes, descartando los extremos y cualquier resto visible de tejido conjuntivo y grasa. Las porciones individuales fueron envueltas en papel de aluminio y mantenidas en caliente (50°C) hasta su degustación (aproximadamente 10 minutos).

El análisis sensorial se realizó con un panel entrenado (ISO 8586-1:1992), trabajando con 6 panelistas. Las sesiones se realizaron en la sala de catas de la Planta Piloto de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza (ISO 8589:1988). En cada cabina los panelistas dispusieron de un plato caliente, una botella de agua mineral a temperatura ambiente, un vaso para el agua, colines, lápiz, goma y estadillos.

Se estableció un diseño de bloques completos no equilibrados, es decir, los catadores evaluaron todas las muestras pero no en todos los órdenes posibles. A cada muestra se le asignó un código de 3 cifras, variando éste en cada sesión. Cada plato estaba constituido por 4 muestras, perteneciendo cada una a un tratamiento diferente y variando las muestras de los platos en cada cata. El orden de evaluación de las muestras fue al azar. En cada sesión se evaluaron 12 muestras.

Los atributos analizados (Intensidad de olores extraños, intensidad de olor a rancio, terneza, jugosidad, intensidad de sabores extraños, intensidad de sabor rancio y apreciación global) se puntuaron con una escala estructurada de 11 puntos, siendo la intensidad de “poco” (0) a “mucho” (10) y la apreciación global de “muy mala” (0) a “muy buena” (10).

### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este trabajo de investigación todos los datos fueron analizados estadísticamente mediante el modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SPSS, versión 19.0. El modelo utilizado incluyó los factores tiempo de conservación y tratamiento como efectos principales y la interacción entre ellos. Se aplicó el test de Tukey para comparar la media de los valores entre los tratamientos analizados y las diferencias se consideraron significativas si  $P \leq 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

En este apartado se estudia el efecto de la pulverización de carne de cordero con extracto de té y de borraja sobre los parámetros de calidad de la carne a lo largo del periodo de almacenamiento. Debido a que existe una interacción significativa entre los efectos en todos los parámetros estudiados, los resultados se presentan por días de almacenamiento y por tratamiento, de manera que se puedan apreciar los cambios que se producen en la calidad de la carne durante el tiempo de almacenamiento en cada tratamiento.

En primer lugar se presentan los resultados obtenidos para las características físico-químicas, seguidos por los análisis microbiológicos y, en último lugar, se presentan los resultados obtenidos tras el análisis sensorial.

### 4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 4.1.1 Valores de pH

Los valores de pH obtenidos en las muestras de ternasco sometidas a diferentes tratamientos y almacenadas en refrigeración a 4°C (Tabla 1) no muestran diferencias significativas entre tratamientos en los diferentes días de almacenamiento, a excepción del día 11, donde los tratamientos con extracto de borraja al 5% y al 10% presentan los valores más elevados. Este incremento de pH puede ser debido degradación proteica causada por la proliferación de microorganismos, y enzimas (Devine *et al.*, 1993), ya que como se mostrará más adelante, existe un elevado recuento microbiano en ambos tratamientos en este día.

Analizando la evolución del pH en el tiempo, se observa una relativa estabilidad en los valores hasta el día 11, donde se produce un aumento general del pH, alcanzando a día 13 valores comprendidos entre 5,55 y 5,76, sin que se encuentren diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Otros autores han encontrado valores de pH similares a los obtenidos en este estudio. Linares *et al.* (2008) reportaron valores de pH entre 5.6 -5.5 en cordero lechal envasado en EAP hasta 21 días, y Vergara y Gallego (2001) obtuvieron valores de pH entre 5,5–5,8 en cordero manchego envasado en EAP mantenido a 2°C hasta 17 días.

Tabla 1

Evolución del pH de la carne sometida a distintos tratamientos a lo largo de 13 días de almacenamiento.

Tratamiento/Días	0	5	8	11	13	Significación
<b>Control</b>	5,39 ± 0,06 x	5,45 ± 0,12 x, y	5,53 ± 0,06 x, y	5,48 ± 0,07 a, b, x, y	5,71 ± 0,24 y	*
<b>0,005% Té</b>	5,42 ± 0,09	5,49 ± 0,17	5,49 ± 0,08	5,43 ± 0,09 a	5,66 ± 0,24	NS
<b>0,05% Té</b>	5,42 ± 0,08 x	5,38 ± 0,02 x, y	5,57 ± 0,05 z	5,54 ± 0,07 a, b, y, z	5,55 ± 0,04 z	***
<b>0,5% Té</b>	5,44 ± 0,11 x	5,37 ± 0,05 x	5,50 ± 0,06 x	5,53 ± 0,05 a, b, x	5,76 ± 0,08 y	***
<b>5% Té</b>	5,45 ± 0,06	5,50 ± 0,08	5,47 ± 0,05	5,46 ± 0,09 a, b	5,52 ± 0,04	NS
<b>0,5% Borraja</b>	5,43 ± 0,1 x	5,44 ± 0,03	5,48 ± 0,09	5,50 ± 0,17 a, b	5,64 ± 0,06	NS
<b>5% Borraja</b>	5,53 ± 0,12 x, y	5,45 ± 0,10 x	5,46 ± 0,05 x	5,66 ± 0,06 b, y	5,65 ± 0,05 y	**
<b>10% Borraja</b>	5,38 ± 0,07 x	5,48 ± 0,04 x, y	5,46 ± 0,09 x	5,64 ± 0,07 a, b, y	5,63 ± 0,10 y	***
<b>Significación</b>	NS	NS	NS	**	NS	

Valores en la misma columna con distinta letra (a, b) indican diferencias significativas entre tratamientos; valores en la misma fila con distinta letra (x, y, z) indican diferencias significativas entre días de conservación. NS:  $P > 0,05$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

#### 4.1.2 Color

Los valores de luminosidad ( $L^*$  CIELab) obtenidos durante el experimento se muestran en la Tabla 2, donde se puede observar la evolución de este parámetro a lo largo del tiempo de almacenamiento. En general, se aprecia un aumento global en el valor de  $L^*$  con el paso del tiempo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Luciano *et al.* (2009). Sin embargo, en el tratamiento con extracto de té al 5% se observa una disminución ( $P \leq 0,01$ ) de la luminosidad desde el día 8 hasta día 13, obteniendo valores de  $L^*$  inferiores ( $P \leq 0,001$ ) al resto de tratamientos en ese día e incluso menores a los encontrados para este mismo tratamiento al principio del experimento. Esta disminución de la luminosidad se podría deber a un oscurecimiento de la carne por la formación de un precipitado negruzco procedente del extracto que se hizo notable a simple vista a partir del décimo día de almacenamiento.

Por otro lado, el incremento de luminosidad más acusado se observa en el tratamiento con extracto de té al 0,005% que, el día 5 ya obtenía valores significativamente superiores ( $P \leq 0,05$ ) al resto de los tratamientos. Esto podría deberse a un aumento en la oxidación de la mioglobina, ya que su oxidación produce un cambio de color de la superficie de la carne de rojo a marrón (Jacob *et al.*, 2013) que se ve reflejado en un aumento de los

valores de  $L^*$  y una disminución en los valores de índice de rojo ( $a^*$  CIELab). Como se verá más adelante este tratamiento presenta también los valores más elevados en cuanto a oxidación lipídica. Estos dos resultados podrían relacionarse entre sí, puesto que las reacciones bioquímicas responsables de la oxidación lipídica están relacionadas con la oxidación de la mioglobina y viceversa (Greene, 1969; Greene *et al.*, 1971).

Los tratamientos con extracto de borraja al 0,5%, 5% y 10% y extracto de té al 0,05% tienen valores similares a los obtenidos para el tratamiento control a lo largo de todo el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, el tratamiento con extracto de té al 0,5% es el que muestra valores de  $L^*$  inferiores ( $P \leq 0.001$ ), manteniendo el color de la carne durante el experimento.

**Tabla 2**

Evolución de la luminosidad ( $L^*$ ) de la carne sometida a distintos tratamientos a lo largo de 13 días de almacenamiento.

Días/ Tratamiento	0	5	8	11	13	Sig.
<b>Control</b>	41,59 ± 2,93	43,63 ± 2,97 a, b	43,45 ± 0,62 a, b	46,86 ± 2,58 b	45,95 ± 2,48 b, c	NS
<b>0,005% Té</b>	40,15 ± 3,18	46,64 ± 7,68 b	45,80 ± 4,30 b	47,46 ± 4,10 b	48,03 ± 3,09 c	NS
<b>0,05% Té</b>	39,99 ± 2,41	37,90 ± 1,49 a	41,52 ± 2,88 a, b	42,21 ± 2,14 a, b	42,03 ± 1,68 a, b, c	NS
<b>0,5% Té</b>	41,08 ± 2,73	38,71 ± 1,51 a	39,69 ± 2,55 a	42,75 ± 3,34 a, b	40,91 ± 1,79 a, b	NS
<b>5% Té</b>	39,70 ± 0,54 x, y	42,72 ± 2,55 a, b, y	39,53 ± 2,25 a, x, y	38,79 ± 2,36 a, x, y	35,92 ± 2,16 a, x	**
<b>0,5% Borraja</b>	39,12 ± 1,79 x	43,98 ± 1,05 a, b, y	43,24 ± 1,39 a, b, y	45,84 ± 1,65 b, y	46,83 ± 2,44 b, c, y	***
<b>5% Borraja</b>	39,56 ± 2,17 x, y	42,11 ± 0,90 a, b, x, y, z	38,96 ± 1,97 a, x	42,80 ± 1,97 a, b, y, z	45,25 ± 1,16 b, c, z	***
<b>10% Borraja</b>	40,42 ± 0,64	42,79 ± 1,47 a, b	41,14 ± 2,82 a, b	41,47 ± 2,50 a, b	42,92 ± 5,03 b, c	NS
<b>Sig.</b>	NS	*	*	**	***	

Valores en la misma columna con distinta letra (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos; valores en la misma fila con distinta letra (x, y, z) indican diferencias significativas entre días de conservación. NS:  $P > 0,05$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

En cuanto al índice de rojo ( $a^*$  CIELab), se trata posiblemente del parámetro del color más importante cuando se habla de carne de cordero, ya que el consumidor asocia el color rojo con la frescura (Morrissey *et al.*, 1994). Al otro lado del espectro del rojo se sitúa el color verde, cuya aparición en la carne se asocia con carne en mal estado. El cambio de

color rojo de la carne fresca a verde, puede tener relación con la producción bacteriana de ácido sulfhídrico que transforma la mioglobina en sulfomioglobina (Borch *et al.*, 1996).

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en  $a^*$ , donde se pueden apreciar diferencias significativas el día 0. Estas diferencias pueden ser debidas a la variabilidad propia de la materia prima.

Observando la evolución en el tiempo de los tratamientos, se aprecia un marcado descenso progresivo ( $P \leq 0,001$ ) de los valores de  $a^*$  durante el almacenamiento. Un comportamiento similar fue descrito por Nieto *et al.* (2010), en un estudio en el que se introdujo romero en la dieta de ovejas en gestación y se analizó el efecto que esto tenía sobre la calidad de la carne del cordero. Sus resultados muestran una disminución progresiva en el tiempo de los valores del índice de rojo de la carne de cordero envasada en atmósfera protectora (70% O<sub>2</sub> / 30% CO<sub>2</sub>) y almacenada en refrigeración a 4°C hasta 21 días.

La pérdida más notable del color rojo ( $P \leq 0,001$ ) corresponde al tratamiento 0,005% té, con un descenso de 10 puntos en el valor de  $a^*$  desde el día 0 hasta el día 13 de almacenamiento. Como se ha visto anteriormente, este tratamiento es el que mostraba un mayor aumento de la luminosidad, lo que se podría relacionar con una mayor oxidación de la mioglobina. Por otro lado, el tratamiento con extracto de té al 0,5% es el que resultó más efectivo en la conservación del índice de rojo a lo largo del tiempo de almacenamiento, con una disminución ( $P \leq 0,01$ ) de sólo 2,5 puntos desde el día 0 hasta día 13.

Si se comparan los tratamientos con extracto de borraja y extracto de té, excluyendo el extracto de té al 0,005%, se observa que los tratamientos con té obtienen mayores valores de  $a^*$  que los tratados con borraja, siendo mayor el valor cuanto mayor es la concentración. Además, el análisis estadístico apunta que los valores de  $a^*$  obtenidos en todos los tratamientos con té (a excepción del 0,005%), son significativamente superiores al control ( $P \leq 0,01$ ). Estos resultados sugieren que el extracto de té es efectivo a la hora de conservar el color rojo característico de la carne fresca.

El hecho de que la menor concentración de té utilizada (0,005%) no solo no conserve el índice de rojo, sino que favorezca su degradación fue estudiado por Yen *et al.* (1997),



quienes demostraron que el extracto de té verde podía actuar como pro-oxidante cuando se utiliza a concentraciones bajas.

En el caso de los tratamientos con extracto de borraja, aunque todos presentan valores de  $a^*$  mayores que el control, sólo se encuentra que es significativamente superior el tratamiento con extracto al 10% coincidiendo con los resultados obtenidos por Sánchez-Escalante *et al.* (2003) al estudiar la influencia del tratamiento de hamburguesas de ternera con extracto de borraja en el color de la carne. En dicho estudio se encontraron valores de  $a^*$  más elevados en las muestras tratadas con extracto de borraja que en las muestras control.

**Tabla 3**

Evolución del índice de rojo ( $a^*$  CIE) de la carne sometida a distintos tratamientos a lo largo de 13 días de almacenamiento.

Días Tratamiento	0	5	8	11	13	Sig.
<b>Control</b>	10,65 ± 1,02 a, b, z	9,83 ± 2,15 a, b, z	8,34 ± 0,72 y, z	5,89 ± 0,89 a, b, x, y	4,89 ± 1,51 a, b, x	***
<b>0,005% Té</b>	12,43 ± 2,21 a, b, c, y	7,18 ± 3,24 a, x	5,32 ± 2,60 x	4,30 ± 1,61 a, x	2,98 ± 0,75 a, x	***
<b>0,05% Té</b>	10,95 ± 1,13 a, b, y	11,75 ± 0,82 b, z	9,42 ± 1,04 y	8,86 ± 1,65 b, c, x, y	6,04 ± 1,92 a, b, c, x	***
<b>0,5% Té</b>	9,90 ± 2,52 a, x, y	10,70 ± 0,66 a, b, y	8,80 ± 0,85 x, y	7,23 ± 1,03 a, b, c, x	7,38 ± 0,45 b, c, x	**
<b>5% Té</b>	14,21 ± 0,74 b, c, y	9,99 ± 1,18 a, b, x	9,14 ± 2,21 x	10,10 ± 0,74 c, x	8,76 ± 0,51 c, x	***
<b>0,5% Borraja</b>	15,03 ± 2,38 c, y	9,91 ± 2,13 a, b, x	6,62 ± 2,86 x	5,17 ± 1,85 a, x	5,08 ± 1,98 a, b, x	***
<b>5% Borraja</b>	14,37 ± 1,7 b, c, k	11,14 ± 1,08 a, b, z, k	9,80 ± 3,03 y, z	6,73 ± 1,85 a, b, x, y	5,39 ± 0,80 a, b, x	***
<b>10% Borraja</b>	13,24 ± 0,58 a, b, c, z	11,56 ± 1,81 b, y, z	9,21 ± 2,15 x, y	7,00 ± 0,52 a, b, c, x	5,91 ± 1,92 a, b, c, x	***
<b>Significación</b>	***	*	NS	***	***	

Valores en la misma columna con distinta letra (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos; valores en la misma fila con distinta letra (x, y, z, k) indican diferencias significativas entre días de conservación. NS:  $P > 0,05$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

#### 4.1.3 Oxidación lipídica

Como se puede observar en la Figura 1, la evolución de la oxidación lipídica es muy diferente entre los distintos tratamientos a lo largo del tiempo de almacenamiento. A simple vista se aprecia que el tratamiento con extracto de té al 0,005% obtiene valores significativamente superiores ( $P \leq 0,001$ ) al resto de los tratamientos. Por el contrario, los tratamientos con extracto de té al 5% y de borraja al 10% consiguen mantener al mínimo el nivel de oxidación lipídica. Este efecto antioxidante también fue observado por Martínez *et al.* (2006) en un estudio realizado con salchichas frescas de cerdo tratadas con diferentes extractos de antioxidantes naturales entre los que se encontraban el extracto de té y borraja. En este estudio, las muestras tratadas con extracto de té y borraja obtuvieron niveles mínimos de oxidación lipídica, mostrando un mayor poder antioxidante cuando mayor era la concentración del extracto en ambos casos.

Si se analizan los resultados por días, el día 5 se observa una clara diferenciación entre tratamientos, situándose el tratamiento con extracto de té al 0,005% por encima de todos los demás con valores superiores a 2 mg malonaldehído/kg. Según Greene y Cumuze (1981), es necesario un rango entre 0,6 y 2 mg malonaldehído/kg para que los consumidores sean capaces de detectar la rancidez, sin embargo, Tarladgis *et al.* (1960) determinaron un rango de entre 0,5 y 1 mg malonaldehído/kg como valores detectables por panelistas expertos.

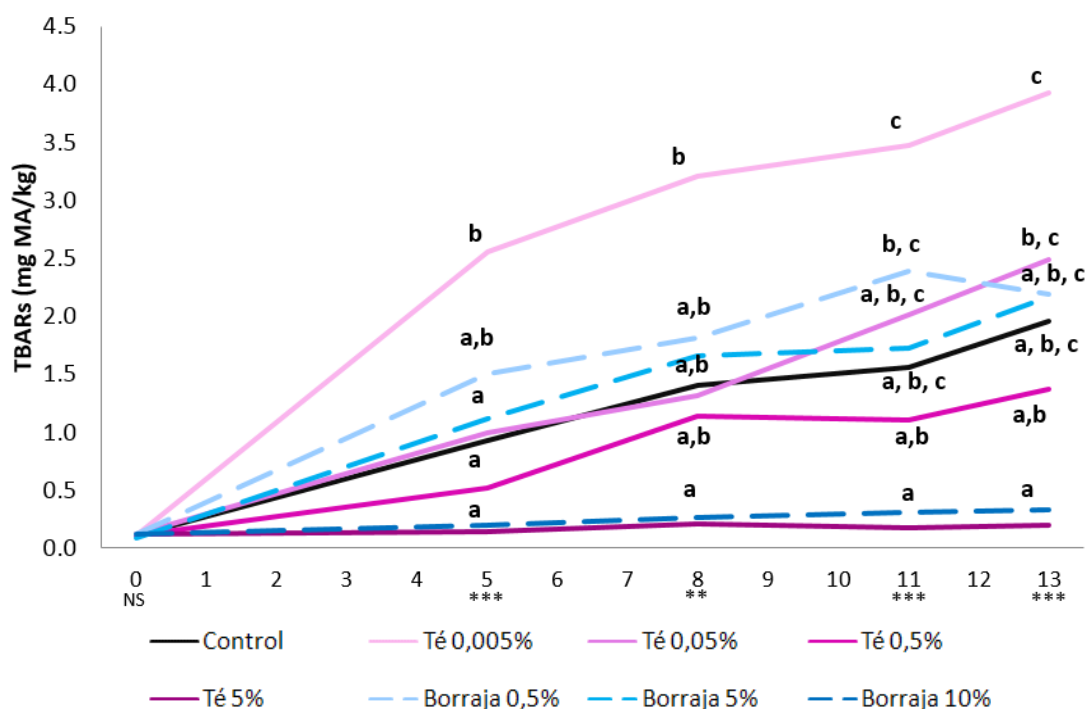
Durante el tiempo de almacenamiento, las diferencias entre tratamientos se hacen más notables. El día 13 ( $P \leq 0,001$ ), los tratamientos se pueden agrupar en función de su capacidad antioxidante con respecto al control, cuyos valores de oxidación alcanzan los 2 mg malonaldehído por kg. Estos datos difieren de los obtenidos por Camo *et al.* (2008) que cuantificaron más de 4 mg de malonaldehído/kg en carne de cordero conservada en una atmósfera con un 70% de oxígeno a los 9 días de almacenamiento en refrigeración. Las diferencias entre los resultados obtenidos en ambos estudios podrían ser atribuidas al papel clave del oxígeno a la hora de favorecer los procesos oxidativos (O'Grady *et al.*, 2000; Insausti *et al.*, 2001 y Jeremiah, 2001), lo que justificaría que la carne almacenada con mayor concentración de oxígeno presente mayor oxidación.

Así pues, entre el control y los tratamientos con extracto de borraja al 0,5% y 5% no existen diferencias significativas en cuando a oxidación lipídica. Sin embargo, los tratamientos con extracto de té al 0,5 y 5% y extracto de borraja al 10%, muestran valores

menores ( $P \leq 0,001$ ) durante todo el tiempo de almacenamiento, quedando así demostrado su poder antioxidante en las condiciones del experimento. Por otro lado, las muestras tratadas con extractos de té al 0,005% y 0,05% mostraron mayores niveles de oxidación que el control, por lo que se le podría atribuir un posible poder pro-oxidante. Este fenómeno fue descrito por Yen *et al.* (1997), cuando se encontró que el extracto de té verde podía actuar como pro-oxidante cuando se utiliza a concentraciones bajas debido a su capacidad para reducir el  $\text{Fe}^{3+}$  a formas capaces de reaccionar con  $\text{O}_2$  para formar iniciadores de la oxidación.

**Figura 1**

Evolución de la oxidación lipídica de la carne sometida a los distintos tratamientos a lo largo de 13 días de conservación.



Letras diferentes (a, b, c) en negro representan variaciones significativas entre tratamientos en un mismo día. NS:  $P > 0,05$ , t:  $P \leq 0,1$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

## 4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

La Figura 2 muestra los resultados del desarrollo microbiano para cada tratamiento durante el periodo de almacenamiento. Ninguno de los análisis microbiológicos realizados el día cero muestra diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se

podría decir que no se aportó flora microbiana con la vaporización del extracto sobre la carne.

En la gráfica a) de la Figura 2, se aprecia que las *Pseudomonas spp.* es la microflora más abundante el día 0, coincidiendo con Osés *et al.* (2013) al caracterizar la población microbiana de cordero envasado en diferentes atmósferas. El desarrollo de *Pseudomonas spp.* se produjo de manera más rápida en los tratamientos con extracto de borraja al 10 y 0,5%. Sin embargo, el tratamiento con extracto de borraja al 5% se comporta de la misma manera que el resto de tratamientos durante todo el periodo de almacenamiento.

En los tratamientos con té y en el control, el comportamiento de las *Pseudomonas spp.* es similar, pudiéndose observar un periodo de latencia hasta el día 5 a partir del cual se produce un rápido crecimiento. El día 8, las muestras tratadas con extracto de borraja al 10% y 0.5% obtienen recuentos mayores al resto de tratamientos ( $P \leq 0,001$ ) llegando incluso a observarse recuentos de 2 unidades logarítmicas más con respecto al control. Sin embargo, estas diferencias dejan de ser significativas el día 11, donde se obtienen resultados similares para todos los tratamientos, llegando el día 13 con recuentos de 7 log UFC/cm<sup>2</sup> en todos los casos. Nychas *et al.* (2008) relacionó recuentos de *Pseudomonas spp.* de entre 7-8 log UFC/g con la aparición de limo superficial y olores desagradables en la carne.

El hecho de que no existan diferencias entre tratamientos sugiere que ninguna de las concentraciones empleadas de ambos extractos tiene poder antibacteriano, como ya indicaron Micelli *et al.* (2014) tras realizar un estudio en el que se evaluó el poder antibacteriano de los extractos acuosos de *Borago officinalis* y *Brassica juncea* *in vitro* e *in situ* frente a numerosas cepas patógenas para el ser humano. En este estudio se encontró que el extracto de borraja podría tener efecto antimicrobiano *in vitro*, pero lo perdía cuando se analizó el efecto de esa misma concentración *in situ* en diferentes matrices alimentarias. Sin embargo, cuando se multiplicó por 10 la dosis que era efectiva *in vitro*, se observó un posible efecto bacteriostático *in situ* en las cepas sensibles.

Por otro lado, la gráfica de la Figura 2b muestra los resultados obtenidos para psicrótrofos viables totales, donde se observa un aumento gradual de los recuentos en todas las muestras llegando a alcanzar valores finales entre 8-9 log UFC/cm<sup>2</sup>, posicionando a estas bacterias como la microflora más abundante durante todo de almacenamiento. Algunos autores sitúan el fin de la vida útil de la carne fresca cuando los recuentos de

microorganismos psicrótrofos alcanzan 7 log UFC/cm<sup>2</sup> (Mossel, 2003). En este estudio, dicho recuento se alcanza el día 8 en todos los tratamientos a excepción de los tratamientos con té al 0.05 y 5% que lo alcanzan el día 11.

Los recuentos encontrados al final del experimento coinciden con los resultados de Camo *et al.* (2008) cuando estudiaron el efecto de un envase activo con antioxidantes naturales como el orégano y tomillo incorporados en el film durante el almacenamiento en refrigeración de chuletas de cordero hasta 13 días. En el citado estudio, se obtuvieron recuentos de psicrótrofos totales entre 8-9 log UFC/cm<sup>2</sup> el día 13 en el tratamiento control, mientras que los recuentos eran significativamente menores en los tratamientos con orégano y tomillo.

A diferencia del poder antibacteriano que encontraron Camo *et al.* (2008) en su estudio, los extractos de té y borraja que se emplearon en esta investigación no poseen ningún tipo de actividad antimicrobiana en ninguna de las concentraciones utilizadas, al menos frente a este tipo de microorganismos. Este hecho respalda los resultados obtenidos por Ratz-Lyko *et al.* (2014) al estudiar la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos de *Oenothera biennis*, *Borago officinalis* y *Nigella sativa*. En dicho estudio no se encontró poder antimicrobiano en ninguno de los extractos, aunque sí quedó demostrado su gran poder antioxidante.

Con respecto a la evolución de enterobacterias (Figura 2c), que según Gill y Harrison (1989), su desarrollo conlleva la aparición de olores pútridos en la carne, se observan diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0,001$ ) el día 5, siendo las muestras tratadas con extracto de té al 0,5% y borraja al 10% las que presentan mayores recuentos (3,5 log UFC/cm<sup>2</sup>).

Las muestras tratadas con borraja al 5%, té 0,005% y control son las que mostraron recuentos más bajos, sin embargo, a partir del día 5 se produce un incremento en el desarrollo de enterobacterias en todos los tratamientos sin que se encuentren diferencias significativas entre ellos los días 8 y 11. Al final del periodo de almacenamiento, los recuentos alcanzan 5-6 log UFC/cm<sup>2</sup>, lo que apunta de nuevo a que ninguno de los tratamientos tiene efecto antimicrobiano, en este caso sobre las enterobacterias.

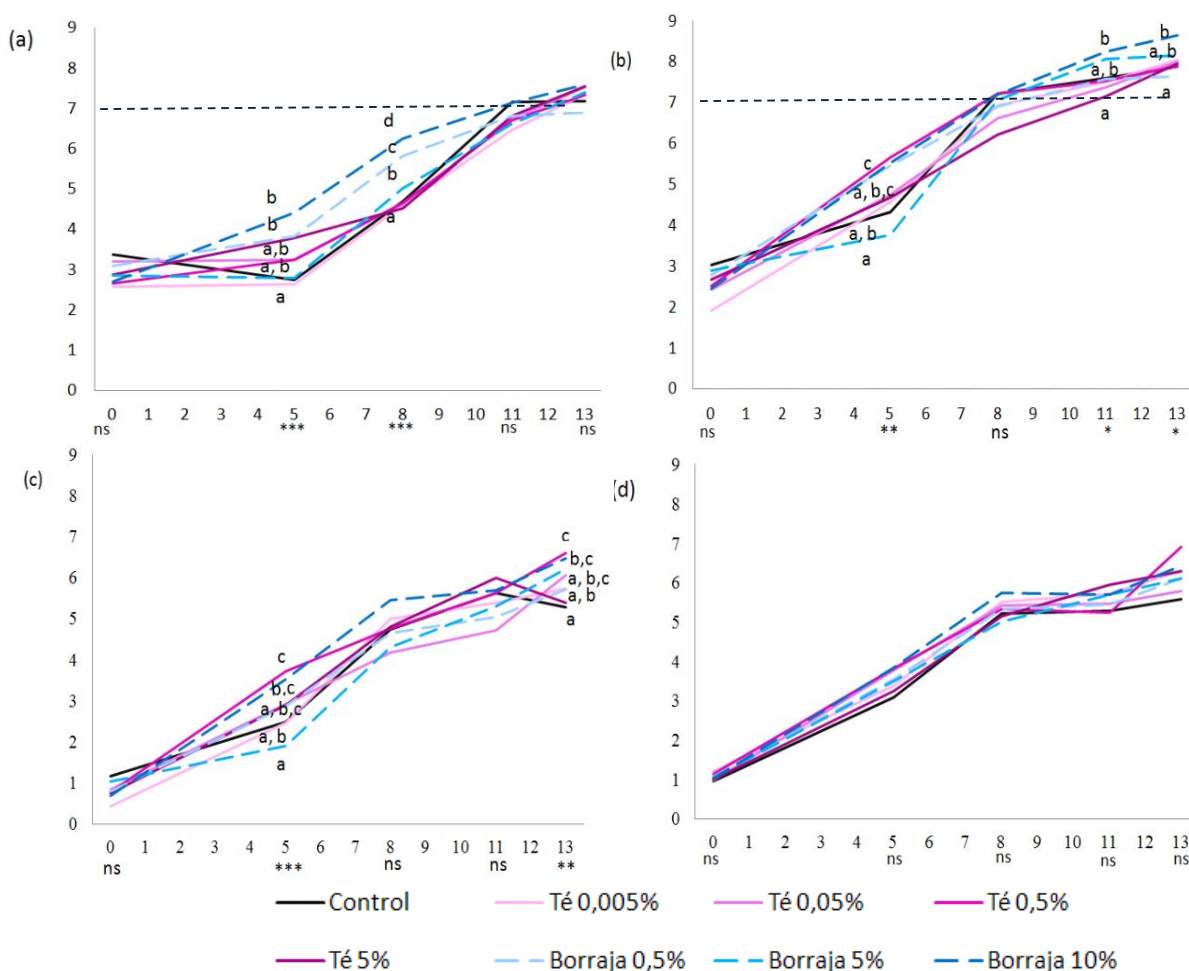
Los resultados obtenidos en el desarrollo de enterobacterias coinciden con los obtenidos por Muriel-Galet *et al.* (2015) tras incluir extracto de té y aceite esencial de orégano en

films destinados a la creación de un envase activo, concluyendo que, a diferencia del aceite esencial de orégano, el film en el que se había incluido extracto de té no poseía actividad antimicrobiana frente a *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*.

En el caso de la evolución de las bacterias acidolácticas (Figura 2d), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, siguiendo todos ellos la misma evolución a lo largo del tiempo de almacenamiento. En general, se observa un desarrollo progresivo desde el día 0 hasta el día 8, donde el recuento alcanza valores de 5-6 log UFC/cm<sup>2</sup>, manteniéndose estable hasta el final del periodo de almacenamiento.

### Figura 2

Evolución de los microorganismos en cada uno de los tratamientos durante los 13 días de almacenamiento. Se representa el logaritmo de las unidades formadoras de colonias en el eje de las ordenadas frente a los días de almacenamiento, en el eje de las abscisas.



En el eje de las ordenadas se representa el log UFC/cm<sup>2</sup>, en el de las abscisas los días de almacenamiento. a) *Pseudomonas spp.*, b) Psicrótrofos, c) Enterobacterias, d) Acidolácticas. Letras en negro diferentes (a, b, c) representan variaciones significativas entre tratamientos en un mismo día. NS:  $P > 0,05$ , t:  $P \leq 0,1$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

### 4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

En la Tabla 4 se presentan los resultados correspondientes al análisis sensorial. En primer lugar, hay que destacar la ausencia de datos para los días 11 y 13. Esta ausencia se debe a los elevados recuentos obtenidos tras el análisis microbiológico, (superiores a 7 log UFC/cm<sup>2</sup>) que junto con la apariencia y el olor de la carne desaconsejaron su evaluación sensorial.

#### 4.3.1. Intensidad de olor extraño y flavor extraño

Estos términos se utilizaron con doble objetivo en el análisis sensorial. El primero, detectar el posible olor y sabor que los extractos pudieran otorgar a la carne durante los primeros días de almacenamiento, y como segundo objetivo, poder valorar la intensidad de los olores y sabores característicos de la proliferación microbiana a lo largo del experimento. Los resultados obtenidos el día 0 apuntan a que ninguno de los extractos aportó olores o sabores extraños perceptibles por el panel de catadores, por lo que se puede afirmar, que ninguna de las concentraciones utilizadas otorga olores o sabores a la carne.

Por otro lado, valorando los olores y sabores extraños como olores y sabores característicos de proliferación microbiana, se aprecia una clara diferencia entre tratamientos a los 8 días de almacenamiento. El análisis estadístico de los resultados obtenidos para intensidad de olor extraño, muestra significativas diferencias entre los tratamientos con extracto de borraja al 10%, al 5% y control con respecto al resto de tratamientos, siendo éstos los que obtuvieron puntuaciones más elevadas. Así pues, el tratamiento con borraja al 10% presenta el día 8 la mayor puntuación en cuanto a olores extraños con valores de 4,9 en una escala de 0 a 10 puntos, seguido por el extracto de borraja al 5% y el control, con una puntuación de 1,8 y 1,3, respectivamente. Según Gill y Harrison (1989), el crecimiento de enterobacterias podría contribuir al desarrollo de olores pútridos en la carne. De acuerdo con estos autores, si se comparan los resultados obtenidos en intensidad de olor extraño, con los resultados obtenidos en el análisis microbiano, se aprecia una clara relación entre los resultados obtenidos. Los tratamientos que obtuvieron mayor puntuación en olores extraños son los que muestran mayor desarrollo de *Pseudomonas spp.* y enterobacterias con respecto al resto de tratamientos.

En cuanto a sabores extraños, el análisis estadístico solo muestra diferencias significativas entre el tratamiento con extracto de borraja al 10% con respecto al resto de tratamientos. Las muestras tratadas con extracto de borraja al 10% obtuvieron una puntuación media de 4,3, siendo con gran diferencia, el tratamiento que mayor puntuación obtuvo. Si se observan los recuentos microbiológicos obtenidos para este tratamiento el día 8, se aprecia una clara diferenciación de este tratamiento con respecto al resto en el desarrollo de *Pseudomonas spp.*, lo que podría contribuir al desarrollo de sabores extraños en la carne.

#### 4.3.2. Intensidad de olor a rancio y flavor rancio

Como se puede observar en la Tabla 4, el día 0 la intensidad de olor y flavor rancio es de 0 en todos los tratamientos como cabía esperar, ya que se trata de carne fresca. En general, el flavor y la intensidad de olor a rancio aumentan con el paso del tiempo, haciéndose significativas las diferencias entre tratamientos a partir del día 5 ( $P \leq 0,001$ ).

El día 8, los tratamientos que muestran una mayor intensidad de olor y flavor a rancio son los tratados con extracto de borraja al 0,5% y 5%, extracto de té al 0,005% y control. Si se comparan estos resultados con los obtenidos en oxidación lipídica el día 8 (Tabla 1), se aprecia una clara coincidencia entre los tratamientos que obtuvieron mayor puntuación en intensidad de olor y flavor a rancio y los que presentan mayor concentración de malonaldehído por kg. De esta manera, se podría afirmar que existe una clara relación directa entre la intensidad de olor y flavor a rancio y la concentración de malonaldehído por kg de muestra. Así pues, los tratamientos efectivos en la prevención de la oxidación y que presentaron menor intensidad de olor y flavor a rancio, fueron los de extracto de té al 0,5%, 5% y extracto de borraja al 10%.

Estos resultados se pueden relacionar también con los obtenidos tras el análisis del color, confirmando la teoría de Yin y Fautsman (1993) y O'Grady *et al.* (2001) en la que se relaciona la oxidación lipídica con la oxidación de la oximioglobina en la carne. Según estos autores, la oxidación lipídica en la carne conduce a un cambio de color en la misma como consecuencia de la oxidación de la mioglobina, que se caracteriza, como se ha visto anteriormente, por un cambio de color de la carne de rojo a marrón (Jacob *et al.*, 2013). Este cambio se ve reflejado en un aumento de los valores de luminosidad y una disminución en los valores de índice de rojo. Por tanto, comparando los resultados obtenidos tras el análisis de color de todas las muestras, con la puntuación obtenida en



intensidad de olor a rancio, se observa una clara relación entre ambos. Los tratamientos que obtuvieron mayor puntuación en intensidad de olor a rancio, coinciden con los que mostraron un mayor aumento en los valores de luminosidad ( $L^*$ ) y mayor descenso en el índice de rojo ( $a^*$ ).

#### 4.3.3. Terneza y jugosidad

Con respecto a la terneza, se aprecia un aumento el día 5 en todos los tratamientos con respecto a día 0, sin embargo, se produce un marcado descenso el día 8 en cuanto a terneza y jugosidad, alcanzando valores inferiores a los obtenidos el día 0. Este fenómeno también fue observado por Vergara y Gallego (2001) en muestras de cordero y por Torngren (2003), Zakrys *et al.* (2009) y Zakrys-Waliwandera *et al.* (2010) en muestras de ternera. Estos autores encontraron una disminución de la capacidad de retención de agua y jugosidad a lo largo del periodo de almacenamiento en atmósfera protectora rica en oxígeno, relacionando a su vez la pérdida de jugosidad con el tiempo de almacenamiento. Estos estudios asociaron la jugosidad con los días de almacenamiento, siendo ésta menor cuanto mayor era el tiempo de almacenamiento. Así pues, la pérdida de jugosidad y terneza encontrada en el presente estudio, podría deberse a un descenso en la capacidad de retención de agua de la carne, que se manifiesta de forma visible por la presencia de un exudado en las bandejas a partir del día 5. Este fenómeno podría deberse según Xiong (2000) a la posible oxidación de las proteínas, que en la carne puede producir un descenso en la funcionalidad de las mismas, conduciendo a un aumento en la pérdida de agua, haciendo que la carne resulte más seca y menos tierna al paladar.

#### 4.3.4. Apreciación global

A lo largo del periodo de almacenamiento, se ve un aumento general en la apreciación global hasta el día 5, probablemente debido al aumento de la terneza y jugosidad de las muestras. Los resultados el día 8 posicionan al tratamiento con extracto de té al 0,5% como el mejor valorado por el panel de catadores expertos, con una puntuación de 5,7. Por otro lado, el tratamiento peor valorado fue el de extracto de borraja al 10%, con una puntuación de 2,4. Esta baja puntuación obtenida pudo ser debida al notable flavor extraño que presentaban las muestras sometidas a este tratamiento tras 8 días de almacenamiento.

**Tabla 4**

Valoraciones obtenidas en el análisis sensorial para los atributos de la carne estudiados de cada uno de los tratamientos a lo largo de 8 días de almacenamiento.

	Tratamiento	Día 0	Día 5	Día 8	Sig.
<b>Intensidad de olor extraño</b>	Control	0 ± 0 x	1 ± 0 d, y	1,3 ± 0,5 a, b, z	***
	0,005% Té	0 ± 0 x	0,3 ± 0,5 b, y	0,1 ± 0,3 a, b, x	**
	0,05% Té	0,1 ± 0,3 x	0,7 ± 0,5 c, y	0 ± 0 a, x	***
	0,5% Té	0,1 ± 0,3	0 ± 0 a	0,2 ± 0,4 a, b	NS
	5% Té	0,3 ± 0,5	0 ± 0 a	0,4 ± 0,7 a, b	NS
	0,5% Borraja	0,2 ± 0,6 x	0 ± 0 a, x	0,7 ± 1,3 a, b, y	*
	5% Borraja	0 ± 0 x	0 ± 0 a, x	1,8 ± 2,7 b, y	***
	10% Borraja	0,3 ± 0,8 x	0 ± 0 a, x	4,9 ± 3,4 c, y	***
	<b>Sig.</b>	NS	***	***	
<b>Flavor extraño</b>	Control	0 ± 0 x	0 ± 0 x	1,6 ± 0,6 a, y	***
	0,005% Té	0,3 ± 0,5	0 ± 0	0,3 ± 0,9 a	NS
	0,05% Té	0,1 ± 0,3 x	0 ± 0 x	1,5 ± 1 a, y	***
	0,5% Té	0 ± 0 x	0,3 ± 0,8 x, y	1,1 ± 1,3 a, y	**
	5% Té	0,1 ± 0,3 x	0,3 ± 0,5 x	1,2 ± 1,2 a, y	***
	0,5% Borraja	0,3 ± 0,6 x	0,1 ± 0,3 x	1,1 ± 1,7 a, y	**
	5% Borraja	0,2 ± 0,4 x	0,2 ± 0,6 x	1,5 ± 1,5 a, y	***
	10% Borraja	0,2 ± 0,4 x	0,1 ± 0,3 x	4,3 ± 3,4 b, y	***
	<b>Sig.</b>	NS	NS	***	
<b>Intensidad de olor rancio</b>	Control	0 ± 0 x	0,5 ± 0,5 a, b, x	1,8 ± 1,6 b, c, y	***
	0,005% Té	0 ± 0 x	0,3 ± 0,5 a, x	3 ± 1,8 c, d, y	***
	0,05% Té	0 ± 0 x	0,7 ± 0,5 a, b, y	0,7 ± 1 a, b, y	**
	0,5% Té	0 ± 0 x	0 ± 0 a, x	0,6 ± 0,9 a, b, y	**
	5% Té	0 ± 0	0 ± 0 a	0 ± 0 a	-
	0,5% Borraja	0 ± 0 x	1,3 ± 1,1 b, y	3,5 ± 2,6 d, z	***
	5% Borraja	0 ± 0 x	0,5 ± 0,7 a, b, x	2,8 ± 2,4 c, d, y	***
	10% Borraja	0 ± 0 x	0,4 ± 0,7 a, y	0,2 ± 0,4 a, b, x, y	**
	<b>Sig.</b>	-	***	***	
<b>Flavor rancio</b>	Control	0 ± 0 x	0 ± 0 a, x	2,3 ± 1,7 b, y	***
	0,005% Té	0 ± 0 x	0,3 ± 0,5 a, x	4,5 ± 1 c, y	***
	0,05% Té	0 ± 0 x	0 ± 0 a, x	0,5 ± 0,5 z, y	***
	0,5% Té	0 ± 0 x	0 ± 0 a, x	1,1 ± 1,2 a, b, y	***
	5% Té	0 ± 0 x	0 ± 0 a	0,4 ± 1 a	NS
	0,5% Borraja	0 ± 0 x	1,7 ± 1,4 b, y	4 ± 2,6 c, z	***
	5% Borraja	0 ± 0 x	0,4 ± 0,7 a, x	2,4 ± 2,1 b, y	***
	10% Borraja	0 ± 0 x	0,3 ± 0,4 a, y	0 ± 0 a, x	***
	<b>Sig.</b>	-	***	***	

	Tratamiento	Día 0	Día 5	Día 8	Sig.
Terneza	Control	8,3 ± 0,7 y	9,2 ± 0,4 b, c, z	7,2 ± 1,2 x	***
	0,005% Té	7,8 ± 0,9 x	9 ± 0 b, c, y	7,9 ± 1,4 x, y	NS
	0,05% Té	7,8 ± 1,1 x	9,3 ± 0,5 c, y	7 ± 1,7 x	**
	0,5% Té	8,4 ± 0,9 x, y	9 ± 0,7 b, c, y	7,9 ± 1,5 x	*
	5% Té	8 ± 1	8 ± 1 a, b	6,9 ± 2	NS
	0,5% Borraja	7,8 ± 0,9 x	8,8 ± 0,7 a, b, c, y	7,3 ± 1,1 x	***
	5% Borraja	7,8 ± 0,9	8,2 ± 0,8 a, b, c	7,9 ± 1,6	NS
	10% Borraja	7,9 ± 1 y	7,8 ± 1,4 a, y	7 ± 0,5 x	**
	Sig.	NS	***	NS	
Jugosidad	Control	7,8 ± 0,8 b, c, d, y	9 ± 0 b, z	6,7 ± 1 x	***
	0,005% Té	7,2 ± 0,6 a, b, c	7,7 ± 1 a, b	6,5 ± 1,7	NS
	0,05% Té	7,4 ± 1,1 b, c, x	9 ± 0 b, y	6,3 ± 2 x	***
	0,5% Té	8,3 ± 0,8 d, y	8,3 ± 1 a, b, y	6,3 ± 1,7 x	***
	5% Té	8 ± 0,9 c, d, y	8 ± 0,9 a, b, y	5,7 ± 1,7 x	***
	0,5% Borraja	7 ± 1 a, b, y	7 ± 1,6 a, y	5,8 ± 0,8 x	***
	5% Borraja	6,5 ± 1 a	6,8 ± 1,4 a	6,4 ± 1	NS
	10% Borraja	7,2 ± 0,7 a, b, c, y	7,9 ± 1,2 a, b, z	6 ± 0,6 x	***
	Sig.	***	***	NS	
Apreciación global	Control	8,7 ± 0,7 b, y	9 ± 0 c, y	4,9 ± 1,3 b, c, x	***
	0,005% Té	8 ± 0,8 b, y	8,3 ± 0,5 b, c, y	4,2 ± 2,3 a, b, c, x	***
	0,05% Té	8,3 ± 0,8 b, y	9 ± 0 c, y	4,2 ± 1,9 a, b, c, x	***
	0,5% Té	8,6 ± 1 b, y	7,8 ± 0,7 b, y	5,7 ± 1,6 c, x	***
	5% Té	8,4 ± 0,9 b, y	8,3 ± 1 b, c, y	4,8 ± 1,2 b, c, x	***
	0,5% Borraja	6,8 ± 0,7 a, z	5,8 ± 1,3 a, y	3,3 ± 1,5 a, b, x	***
	5% Borraja	6,8 ± 0,7 a, y	6,3 ± 0,9 a, y	3,8 ± 2,4 a, b, x	***
	10% Borraja	6,9 ± 0,8 a, y	7,8 ± 0,8 b, y	2,4 ± 2,1 a, x	***
	Sig.	***	***	***	

Los atributos analizados se puntuaron con una escala estructurada de 11 puntos, siendo la intensidad de “poco” (0) a “mucho” (10) y la apreciación global de “muy mala” (0) a “muy buena” (10). Valores en la misma columna con distinta letra (a, b, c) muestran diferencias significativas entre tratamientos; valores en la misma fila con distinta letra (x, y, z) muestran diferencias significativas entre días de almacenamiento dentro de un mismo tratamiento. NS:  $P > 0,05$ , t:  $P \leq 0,1$ , \*:  $P \leq 0,05$ , \*\*:  $P \leq 0,01$ , \*\*\*:  $P \leq 0,001$ .

## 5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados, se pudieron obtener las siguientes conclusiones:

- I. La pulverización con extracto de té o borraja no proporcionó aroma o sabor característico del extracto a la carne de cordero cocinada.
- II. Las muestras tratadas con extracto de té mostraron, en general, un mejor mantenimiento del índice de rojo que las tratadas con extracto de borraja.
- III. El tratamiento con extracto de té al 5% produce un oscurecimiento de la carne, además de la aparición de un precipitado negro visible a partir del décimo día de almacenamiento.
- IV. Las muestras tratadas con extracto de borraja, por lo general tuvieron mayores recuentos microbianos durante el periodo de almacenamiento.
- V. El tratamiento con extracto de té al 0,005% tuvo un claro efecto prooxidante, reflejado tanto en el incremento de la oxidación lipídica como en la oxidación de la mioglobina con respecto al tratamiento control.
- VI. Las concentraciones más elevadas de ambos extractos lograron mantener los valores de oxidación lipídica bajos durante todo el periodo de almacenamiento, pero ambas fueron descartadas por el panel de catadores por la presencia de intenso olor/flavor extraño debido a la proliferación microbiana,
- VII. El tratamiento con extracto de té al 0,5% resultó el más efectivo en la conservación del color característico de la carne fresca durante todo el experimento, además consiguió reducir la oxidación lipídica y fue el que mejor puntuación global obtuvo tras el análisis sensorial.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aaker D., (1991). *Managing Brand Equity, Capitalizing on the value of the brand name*. New York, The Free Press.

Bell R. G., (2001). “Meat packaging: Protection, preservation and presentation” Edición de Y. H. Hui, W.-K. Nip, R. W. Rogers y O. A. Young, *Meat Science and Applications*, 463-490. N. York, Marcel Dekker, Inc.

Borch E., Kant-Muermans M-L. y Blixt Y., (1996). Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 33 (1), 103–120

Brody A. L., Strupinsky E. R. y Kline L. R., (2001). *Active packaging for food applications*. Lancaster, Technomic Publishing.

Brown W. D. y Dolev A., (1963). Autoxidation of beef and tuna oxymyoglobins. *Journal of Food Science*, 28, 207–210.

Caldentey P. y Gómez A. C., (1996). Productos Típicos, Territorio y Competitividad. *Agricultura y Sociedad*, 80-81, 57-82.

Calvo M. M., García M. L. y Selgas M. D., (2008). Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science*, 80(2), 167–172.

Camo J., Beltrán J. A., y Roncalés P., (2008). Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*, 80, 1086-1091.

Chen C. H., Pearson A. M. y Gray (1992). Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. *Food Chemistry*, 43, 177-183.

Cooksey K., (2001). Antimicrobial food packaging. *Food, Cosmetics and Drug Packaging*, 24, 133-137.

Day B. P. F., (2003). “Active packaging” editado por R. Coles, D. McDowell, y M. J. Kirwan, *Food packaging technology* (pp. 282-302). London: Blackwell Publishing.

De Kruijf N., van Beest M., Rijk R., Sipilainen-Malm Losada P. P. y De Meulenaer B., (2002). Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives and Contaminants*, 19 (supplement), 144-162.

Devine C. E., Graham R. G., Lovatt S. y Chrystall B. B. (1993). The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*, 35, 63-77.

Enoki Y., Matsumura K., Ohga Y., Kohzuki H. y Hattori M., (1995). Oxygen affinities (P50) of myoglobins from four vertebrate species (*Canis familiaris*, *Rattus norvegicus*, *Mus musculus* and *Gallus domesticus*) as determined by a kinetic and an equilibrium method. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 110, 193–199.

Faustman C., Sun Q., Mancini R. y Suman S. P., (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86, 86-94.

Gill, C.O. y Harrison, C.L., (1989). The storage life of chilled pork packaged under carbon dioxide. *Meat Science*, 26, 313–324.

Greene B. E., (1969). Lipid oxidation and pigment changes in raw beef. *Journal of Food Science*, 34, 110-113.

Greene B. E. y Cumuze T. H., (1981). Relationship between TBA-numbers and inexperienced panelists assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47, 52–58.

Greene B. E., Hsin I. y Zipser M. W., (1971). Retardation of oxidative color change in raw ground beef. *Journal of Food Science*, 36, 940-944.

Grunwald E. W. y Richards M. P., (2006). Studies with myoglobin variants indicate that released heme is the primary promoter of lipid oxidation in washed fish muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4452–4460.

Haak L., Raes K., Van Dyck S. y De Smet S., (2008). Effect of dietary rosemary and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on the oxidative stability of raw and cooked pork following oxidized linseed oil administration. *Meat Science*, 78(3), 239–247.

Hernández-Hernández E., Ponce-Alquicira E., Jaramillo-Flores M. E. y Guerrero Legarreta I., (2009). Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and color of model raw pork batters. *Meat Science*, 81(2), 410–417.

Hutton J. G. (1997). A study of brand equity in an organizational-buying context. *Journal of Product and Brand Management*, 7 (6), 428-439.

Insausti K., Beriain M. J., Purroy A., Alberti P., Lizaso L. y Hernandez B., (1999). Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53, 241-249.

Jacob R. H., D'Antuono M. F., Gilmour A. R. y Warner R. D., (2013). Phenotypic characterization of color stability of lamb meat. *Meat Science*, 96, 1040–1048.

Jay J. M., Loessner M. J., Golden D. A., (2005). *Modern food microbiology*, 7º Edición, Springer Science plus Business Media, New York.

Jayas D. S. y Jeyamkondan S., (2002). Modified atmosphere storage of grains, meats, fruits and vegetables. *Biosystems Engineering.*, 82, 235–251.

Jeremiah L. E., (2001). Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. *Food Research International*, 34, 749–772.

Keller K. L., (1998). *Strategic brand management. Building, measuring and managing brand equity*. Prentice Hall, New Jersey.

Krzywicki K., (1979). Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin, and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science*, 3(1), 1–10.

Lambert J. D., Sang S. M., Hong J. y Yang C. S., (2010). Anticancer and anti-inflammatory effects of cysteine metabolites of the green tea polyphenol, (–) epigallocatechin-3-gallate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10016–10019.

Leuthesser L., Kohli C. H. y Harich K., (1995). Brand equity: The halo effect measure. *Journal of Marketing*, 29, 57-66.

Linares M. B., Bórnez R., Vergara H., (2008). Effect of stunning systems on meat quality of Manchego suckling lamb packed under modified atmospheres. *Meat Science*, 78, 279-287.

Livingston D. J. y Brown W. D., (1981). The chemistry of myoglobin and its reaction. *Food Technology*, 35, 244-252.

Luciano G., Monahan F.J., Vasta V., Biondi L., Lanza M. y Priolo A., (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*, 81, 120-125.

MacDougall D. B., (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9, 75-88.

MAGRAMA (2013). “Caracterización del sector ovino y caprino en España” *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/CARACTERIZACI%C3%93N\\_DEL\\_SECTOR\\_OVINO\\_Y\\_CAPRINO\\_EN\\_ESPA%C3%91A\\_2013\\_tcm7-271704.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/CARACTERIZACI%C3%93N_DEL_SECTOR_OVINO_Y_CAPRINO_EN_ESPA%C3%91A_2013_tcm7-271704.pdf)

MAGRAMA (2014). “Jornada del 25 Aniversario del Ternasco de Aragón en Zaragoza” *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/eu/prensa/14.03.20%20F%20Burgaz%20Jornada%2025%20Aniversario%20Ternasco%20Arag%C3%B3n\\_tcm9-321183\\_noticia.pdf](http://www.magrama.gob.es/eu/prensa/14.03.20%20F%20Burgaz%20Jornada%2025%20Aniversario%20Ternasco%20Arag%C3%B3n_tcm9-321183_noticia.pdf)

Marcinek D. J., Bonaventura J., Wittenberg J. B. y Block B. A., (2001). Oxygen affinity and amino acid sequence of myoglobins from endothermic and ectothermic fish. *American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280 R1123–R1133.

Martin-Diana A. B., Rico D. y Barry-Ryan C., (2008). Green tea extract as a natural antioxidant to extend shelf-life of fresh-cut lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 593–603.



Martínez L., Cilla I., Beltrán J. A. y Roncalés P., (2006). Antioxidant effect of rosemary, borage, green tea, pu-erh tea and ascorbic acid on fresh pork sausages packaged in a modified atmosphere: Influence of the presence of sodium chloride. *F Sci Food Agric* 86, 1298-1307.

McMilling K. W., Huang N. Y., Ho C. P. y Smith B. S., (1999). "Quality and shelf-life of meat in case-ready modified atmosphere packaging". Edición de Y. L. Xiong, F. Shahidi, y C. T. Ho, *Quality attributes in muscle foods*, 73-93. New York, ACS Symposium Series, Plenum Publishing Corporation.

Micelli A., Aleo A., Corona O., Sardina M. T., Mammina C. y Settani, L., (2014). Antibacterial activity of *Borago officinalis* and *Brassica juncea* aqueous extracts evaluated *in vitro* and *in situ* using different food model systems. *Food Control*, 40, 157-164.

Morrissey P. A., Buckley D. J., Sheehy P. J. A. y Monahan F. J., (1994). Vitamin E and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53, 289-295.

Mossel D. A. A., Moreno B., Struijk C. B., (2003). *Microbiología de los alimentos*. España, Editorial Acribia.

Muriel-Galet V., Cran M. J., Bigger S. W., Hernández-Muñoz P. y Gavara R., (2015). Antioxidant and antimicrobial properties of ethylene vinyl alcohol copolymer films based on the release of oregano essential oil and green tea extract components. *Journal of Food Engineering*, 149, 9–16.

Nieto G., Díaz P., Bañón S. y Garrido M. D., (2010). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84, 23–29.

Nychas G. J., Skandamis P. N., Tassou C. C. y Koutsoumanis K. P., (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78 (1–2) 77–89.

O'Grady M. N., Monahan F. J. y Brunton N. P., (2001). Oxymyoglobin oxidation and lipid oxidation in bovine muscle-mechanistic studies. *Journal of Food Science*, 66, 386-392.

Ogrydziak D. M. y Brown W. D., (1982). Temperature effects in modifies atmosphere storage of seafoods. *Food Technology*, 36, 86-96.

Osés S. M., Diez A. M., Melero B., Luning P. A., Jaime I. y Rovira J., (2013). Characterization by culture-dependent and culture-independent methods of the bacterial population of suckling-lamb packaged in different atmospheres. *Food Microbiology*, 36, 216-222.

Penney N. y Bell R. G., (1993). Effect of residual oxygen on the color and taste of carbon dioxide packaged beef, lamb and pork during shortterm storage at chill temperatures. *Meat Science*, 33, 245-252.

Pfalzgraf A., Frigg M., y Steinhart H., (1995). Alpha Tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1339-1342.

Ratz-Łyko A., Herman A., Arct J. y Pytkowska K., (2014). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of *Oenothera biennis*, *Borago officinalis*, and *Nigella sativa* seedcake extracts. *Food Science and Biotechnology*. 23(4), 1029-1036.

Regis W. C. B., Fattori J., Santoro M. M., Jamin M. y Ramos C. H. I., (2005). On the difference in stability between horse and sperm whale myoglobins. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 436, 168-177.

Rietveld A. y Wiseman S., (2003) Antioxidant effects of tea: Evidence from human clinical trials. *Journal of Nutrition*, 133, 3285-3292.

Rooney M. L., (1995). "Overview of active food packaging" Edición de M. L. Rooney, *Active food packaging*, 1-37. London: Blackie Academic & Professional.

Rowe L. J., Maddock K. R., Lonergan S. M. y Huff-Lonergan E., (2004). Influence of early post-mortem protein oxidation on beef quality *Journal of Animal Science*, 82, 785–793.

Sánchez M., Sanjuán A. y Aki G., (2001). El distintivo de calidad como indicador de seguridad alimentaria en carne de vacuno y cordero. *Economía Agraria y Recursos - Naturales*, 1 (1), 77-94.

Sánchez-Escalante A., Djenane D., Torrescano G., Beltrán J. A. y Roncalés P., (2003). Antioxidant action of borage, Rosemary, oregano and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 68, 339-344.

Sebranek J. G., Sewalt V. J. H., Robbins K. L. y Houser T. A., (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*, 69(2), 289–296.

Selnes F., (1998). Antecedents and consequences on trust and satisfaction in buyer-seller relationships. *European Journal of Marketing*, 32 (3/4), 305-332.

Shahidi F., Wanasundara P. y Janita P. K., (1992). Phenolic antioxidants. Critical Reviews in *Food Science and Nutrition*, 32, 67-103.

Singh R. K. y Singh N., (2005). “Quality of packaged foods” Edición de J. H. Han. *Innovations in food packaging*, 24-44. Amsterdam, Elsevier Academic Press.

Stewart J. M., Blakely J. A., Karpowicz P. A., Kalanxhi E., Thatcher B. J. y Martin B. M., (2004). Unusually weak oxygen binding, physical properties, partial sequence, autoxidation rate and a potential phosphorylation site of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) myoglobin. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 137, 401–412.

Tabata H., Katsube T., Tsuma T., Ohta, Y., Imawaka N. y Utsumi T., (2008). Isolation and evaluation of the radical-scavenging activity of the antioxidants in the leaves of an edible plant, *Mallotus japonicus*. *Food Chemistry*, 109(1), 64–71.

Tada T., Watanabe Y. H., Matsuoka A., Ikeda-Saito M., Imai K. y Ni-hei Y., (1998). African elephant myoglobin with an unusual autoxidation behavior: Comparison with the H64Q mutant of sperm whale myoglobin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1387, 165–176.

Tang S., Kerry J. P., Sheehan D., Buckley D. J. y Morrissey P. A., (2001). Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Research International*, 34(8), 651–657.

Tang S., Kerry J. P., Sheehan D., y Buckley D. J., (2002). Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. *Food Chemistry*, 76(1), 45–51.

Tarladgis B. G., Watts B. M., Younathan M. T. y Dugan L., (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in foods. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 37, 44–48.

Torngren, M. A., (2003). “Effect of packaging method on color and eating quality of beef loin steaks” en *49th International Congress of Meat Science and Technology*, 495–496. Brasil, ICoMST.

Ueki N., Chow C. J., Ochiai Y., (2005). Characterization of bullet tuna myoglobin with reference to thermostability – Structure relationship. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4968–4975.

Ueki N. y Ochiai Y., (2006). Effect of amino acid replacements on the structural stability of fish myoglobin. *Journal of Biochemistry*, 140, 649–656.

Ulloa R. R. y Gil J. M., (2008). Valor de mercado y disposición a pagar por la marca «Ternasco de Aragón». *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 219, 39–70.

Valencia I., O’Grady M. N., Ansorena D., Astiasarán I. y Kerry J. P., (2008). Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Science*, 80(4), 1046–1054.

Velayutham P., Babu A., y Liu, D., (2008). Green tea catechins and cardiovascular health: an update. *Current Medicinal Chemistry*, 15, 1840–1850.

Vergara L. y Gallego H. (2001). Effects of gas composition in modified atmosphere packaging on the meat quality of Spanish Manchega lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1353–1357.

Vuorela S., Salminen H., Makela M., Kivikari R., Karonen M., y Heinonen M., (2005). Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8492–8497.

Wanasundara U. N., y Shahidi F., (1998). Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. *Food Chemistry*, 63, 335–342.

Wettasinghe M., Shahidi F., Amarowicz R. y Abou-Zaid M. M., (2001). Phenolic acids in defatted seeds of borage (*Borago officinalis* L.). *Food Chemistry*, 75(1), 49–56.

Wettasinghe M., y Shahidi F., (1999). Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Food Chemistry*, 67(4), 399–414.

Wheatley J. y Chiu J., (1977). The effects of price, store image, and product and respondents characteristics on perception of quality. *Journal of Marketing Research*, 14 (2), 181–186.

Xiong Y. L., (2000). "Protein oxidation and implications for muscle food quality" Edición de E.A. Decker, C. Faustman. *Antioxidants in Muscle Foods*, 85–111, Wiley, Chichester.

Yen G. C., Chen H. Y. y Peng H. H., (1997). Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 30–34.

Yin M. C., Fautsman C., (1993). Influence of temperature, pH, and phospholipids composition upon the stability of myoglobin and phospholipids: a liposome model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 853–885.

Yoo B., Donthu N. y Lee S., (2000). An examination of selected marketing elements and brand equity. *Journal of Academy Marketing Science*, 28 (2), 195-201.

Zakrys P. I., O'sullivan M. G., Allen P. y Kerry J. P., (2009). Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks. *Meat Science*, 81, 720–725.

Zakrys-Waliwandera P. I., O'Sullivan M. G., Allen P., O'Neill E. E. y Kerry J. P., (2010). Investigation of the effects of commercial carcass suspension (24 and 48 h) on meat quality in high oxygen modified atmosphere packed beef steaks during chill storage. *Food Research International*, 43, 277–284.